

セミコンジャパン MIRAI GAKKO — アカデミア @GAKKO 大学関連出展報告 —

水素を活用する材料 (水素センサー・耐水素サーミスタ用材料など) の開発 岩手大学大学院

工学研究科 フロンティア材料機能工学専攻 ほそかわ たくや やすの しんご 細川 卓耶、安野 伸吾、准教授 やまぐち あきら 山口 明

はじめに

近い将来に水素社会が訪れると言われています。そのような社会が本当に訪れるかどうかは、水素を有効に活用できるような技術が開発されるかどうかにかかっています。水素は爆発しやすい、漏れやすい、無臭であるなど、特異な性質を有する物質であるため、その活用のための製品には特殊な性質を有する材料の開発も不可欠です。

我々の研究室では長年、水素を有効に活用するための材料の開発を行ってきました。今回の展示会ではそれらの研究成果を発表させていただきました。

出展内容 (一部)

① SiN_x-Pd/Y 薄膜を用いた水素センサーの開発

イットリウム (Y) 薄膜は室温付近で可逆的かつ容易に水素を吸放出できること、それに伴い光透過率や電気抵抗率が大きく変化することが知られています。ただ Y は大気中で容易に酸化されてしまうため、酸化を防ぎながら水素は透過する膜で覆って保護する必要があります。我々の研究室ではその保護膜用の材料として窒化シリコン-パラジウム (SiN_x-Pd) ナノコンポジット膜を独自に開発しました。これを用いる事で、耐久性が高く、10ppm から100%の水素まで高速に検知できるセンサーの開発に成功しました。このような水素センサーは今まで例が無く、製品化が強く期待されています。

展示会では、実際に水素ガスを吹きかけると赤いLEDが光りブザーが鳴るデモ機と、その紹介のビデオを展示させていただきました。

② 酸化タングステン (WO_x) 薄膜を用いた窓用材料や水素センサーの開発

WO_x も Y と同様に室温付近で可逆的に水素を吸放出できる材料です。この材料については微細構造と吸放出特性の関係を詳細に明らかにすることが、その応用に向けて必要となっています。我々はスパッタで成膜した WO_x 薄膜

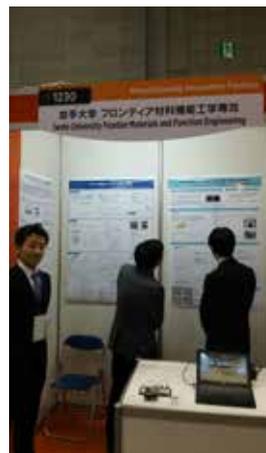
に様々な処理を行い、さらにその上に SiN_x-Pd 層を積層させた試料について研究を行っています。適当な処理を行うと高速に光透過率や電気抵抗率が変化する膜が得られることが、これまでに分かっています。

③ 耐水素サーミスタの開発

水素を活用するには、その水素の中で温度を測るセンサーの開発も不可欠です。温度センサーとしてはサーミスタが広く用いられていますが、従来のサーミスタは金属の酸化物を用いているために、高温の水素の中では破壊されてしまいます。我々はその破壊を防ぐ様々な方策について研究を行っています。これまでの研究で、特に破壊されやすいサーミスタの種類などが明らかとなっています。

学生の感想

- ・ブースの来訪者から「面白い研究を行っていますね」、「水素センサーとして本当に使えそうですね」などと言われ、うれしかった。
- ・多くの企業関係者や研究室 OB などと話をすることが出来てよかった。



SEMICON JAPAN 会場にて。
水素センサーデモ機の実機とビデオも展示しました。

世界に先駆けプラめっきを工業化

関東学院大学

材料・表面工学研究所

1. はじめに

セミコンジャパンへの出展は今年で3年目となり、当研究所ではJPCAとSURTECHと並び三大イベントの一つになってきている。研究所スタッフも説明員を行うが、4年生の学生、マスター、ドクター、企業研修生もブースに立ち、必ず展示内容の説明を行うようにしている。色々な方々と接し、異なる視点からの質問への対応など自身の研究テーマの実践では得られない貴重な体験が出来ると考えている。

2. 研究所の紹介

関東学院大学の校訓である「人になれ奉仕せよ」を礎に、材料・表面工学研究所では世界レベルの研究開発を行い、その独創性を持って学界を先導する。横浜市工業技術支援センターと協力し、地元から広く産業界に対する産学連携の一層の推進。新しい世界的技術標準を創り、その価値を企業に提供する。表面工学の高度技術者を育成する。公明正大を旨とする。の理念で日々研究を行っている。本学は産学協同開発のルーツであり、学内で世界に先駆けプラめっきを工業化させ、特許を取得せずに全世界へ技術を広めた。最大特徴は、国内外約50の技術供与企業殿からの資金により独立運営している点である。

本研究所は現在、横浜市の福浦にある横浜市工業技術支援センター内に居を構えているが、研究所内が手狭になったことから、2017年4月から小田原キャンパスへの移設が決まっている。そのため、キャンパス内の施設を実験室、試験室やプラントなどへの改修工事が現在行われている。

新年度、お近くにお越しの際は是非お立ち寄りください。

3. 展示内容

①ファインバブル低濃度オゾン水を用いたプラスチック表面の改質技術②非シアン系金めっき浴によるダイレクトパターンめっき形成技術③寒冷地におけるLED信号灯器の積雪・凍結対策のポスター3枚、また、それに関連するサンプルを展示した。

詳細は URL:<http://mscenter.kanto-gakuin.ac.jp/> 迄。

4. おわりに (学生の感想)

当日、説明員をして頂いた学生の感想で終わりにしたい。『一番苦労した点は分野が全く異なる業種の方々にも自分達の研究を説明するという事です。違う分野で研究されている方も多いため、自分にとっては当たり前のことでも、より分かり易く説明しなければいけません。疲れましたが、これから社会人となる自分にとって良い経験になりました。』(図1真中の学生談)

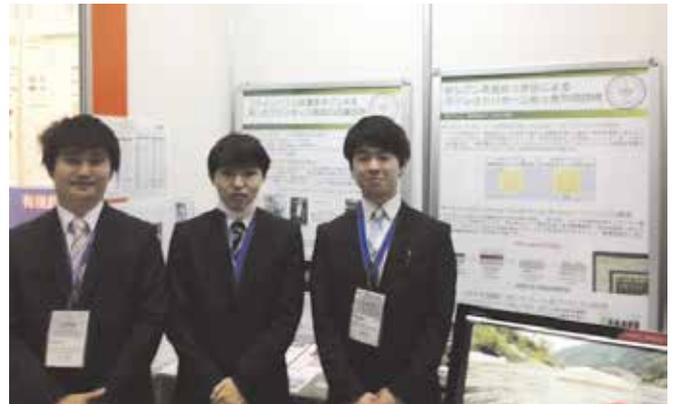


図1. 展示ブース

最後の最後になりましたが、ポスターとフライヤーの校正や印刷、サンプルの作製と事前準備をしっかりと行って頂いた研究所の学生達に深く感謝致します。また、貴重な機会とブースをご提供頂きましたセミコンジャパンの関係各位に深謝致します。

大気圧プラズマを用いた空気中での半導体・金属の表面改質・表面加工

東海大学

工学部電気電子工学科 准教授 桑畑 周司 くわはた ひろし

はじめに

2016年12月14日から16日まで東京ビッグサイト（東京都江東区）で開催されたセミコンジャパン2016の40周年記念特別事業「アカデミア @GAKKO」に出展させて頂きました。

出展内容

私の研究室では、空気中にプラズマがジェット状（長さ約20 mm、最大直径6 mm）に噴出する「大気圧プラズマジェット」を用いた応用研究を行っています。本展示では、以下の4つの研究成果を見て頂きました。

(1) 大気圧プラズマジェットを用いたシリコン (Si) の表面洗浄（親水性の向上）

本研究は、Si表面に付着したコンタミネーション（疎水性有機化合物）の有機溶剤を用いないドライな表面洗浄を行うことを目的としています。Siに大気圧アルゴン (Ar) プラズマジェットを5秒間照射すると、Si表面からコンタミネーションが除去され親水性が向上することを明らかにしました。

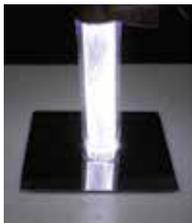


図1 Siへのプラズマジェット照射



(a) 照射前 (b) 照射後

図2 プラズマ照射によるSi表面での水滴の変化（親水性の向上）

(2) 大気圧プラズマジェットを用いたアルミニウム (Al) の表面洗浄（親水性の向上）

本研究も上記(1)と同様に、Al表面に付着したコンタミネーションの表面洗浄を行うことを目的としています。AlにArプ

ラズマジェットを1分間照射すると、Al表面からコンタミネーションが除去され親水性が向上することを明らかにしました。

(3) 大気圧プラズマジェットを用いたAlの高速エッチング

本研究は、ガラス基板上のAl薄膜へ上記(2)より高い印加電圧で発生させたArプラズマジェットを5秒間照射すると、Alがエッチング（除去）されることを明らかにしました。その時のエッチング・レートは、約700 nm/sと非常に高速でした。

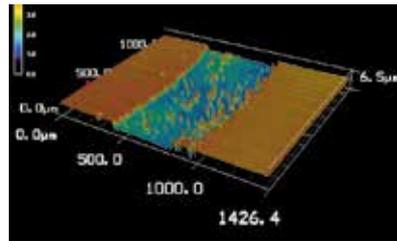


図3 レーザー顕微鏡観察から得られたAl薄膜上のエッチング部分の3D像

(4) 大気圧ラインプラズマ発生装置の開発

長さ約300 mmの大気圧ヘリウムラインプラズマを発生できる装置を開発しました。

終わりに

出展の機会を与えて頂きましたセミコンジャパン2016の関係者の皆様に感謝申し上げます。

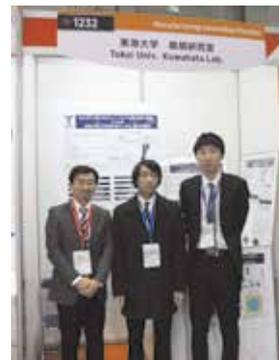


図4 展示ブースの前で

問合せ先

東海大学 研究推進部 産官学連携センター
TEL : 0463-59-4364 FAX : 0463-58-1812

テラヘルツ技術の実用化をすすめる半導体研究 —結晶成長から非破壊応用まで—

東北大学

小山研究室

電波は私たちの生活における重要な資源の一つですが、利用できる周波数は限られています。東北大学には、古く八木・宇田アンテナや岡部金次郎教授の陽極分割型マグネトロンそして西澤潤一教授の光ファイバーや半導体レーザー等の光通信要素デバイス等をはじめとする高周波未使用周波数領域を開拓する伝統があります。その結果、マイクロ波からミリ波へと使用可能な高周波領域が開拓されてきましたが、一気に光周波数領域に到達してしまい、ミリ波等の電波と光の中間周波数領域（テラヘルツ帯域）が取り残されていました。「テラヘルツ帯域」は周波数としては0.1~10 THz、波長では30 μ m~3mmであり、発生と検出が困難であったために未到電磁波領域と呼ばれてきました。

小山研究室では「テラヘルツ帯域」の実用化をめざして、テラヘルツ波を大出力かつ機能的に発生する半導体材料の結晶成長とデバイスプロセス開発 [1-3]、発生装置のシステム化 [4]、さらにテラヘルツ波を非破壊・非接触検査に応用する研究まで進めています [5-7]。テラヘルツ波はコンクリートや樹脂などにはよく透過する電波としての特性にあわせて、金属には反射し、さらに直進性に優れるという光としての特性をもち、また人体にも安全であるためにコンクリート構造物 [5] やワイヤーケーブル内部の非破壊検査 [7] にとても有効です。さらにテラヘルツ波のエネルギーは複数の分子間におけるマクロな集団運動に相当し、血糖値など生体に対する非侵襲診断も期待できます。

実用において有効となるテラヘルツファイバーの研究開発も進めています。テラヘルツファイバーは3Dプリンターで作ることができます。住宅などの構造物を3Dプリンターにより建てるなど、大きなスケールでのものづくりも考えられます。

セミコンジャパンでは小山研究室で研究開発している「テラヘルツ技術」について、結晶成長、光源開発から非破壊検査や生体診断の応用まで幅広く紹介し、テラヘルツ技術の可能性について多くの方々で議論できました (図1)。

小山研究室は現在、14名の学生が小山裕教授および田邊匡生准教授をはじめとするスタッフとともに研究を進めています。学生のうち3名は中国およびフランスからの留学生です。毎週行なう雑談会では研究の進捗報告にあわせて学術雑誌に最近掲載された文献紹介を行い、研究について議論しています。また、毎年年末の恒例行事である小山研究

室の温泉合宿には多くの卒業生も参加し、色々な視点から世代を越えて語り合う良い機会があります (図2)。

小山研究室ウェブページ：<http://www.material.tohoku.ac.jp/~denko>

- [1] Y. Nagai, K. Maeda, K. Suzuki, Y. Oyama, J. Electron. Mater. 43 (2014) 3117-3120.
- [2] N. Lei, Y. Sato, T. Tanabe, K. Maeda, Y. Oyama, J. Crystal Growth 460 (2017) 94-97.
- [3] S. Balasekaran, K. Endo, T. Tanabe, Y. Oyama, Solid-State Electron. 54 (2010) 1578.
- [4] T. Tanabe, Y. Oyama in "Laser Systems for Applications" edited by Krzysztof Jakubczak (InTech, 2011) 119-136
- [5] Y. Oyama, L. Zhen, T. Tanabe, M. Kagaya, NDT & E Int. 42 (2009) 28-33.
- [6] 中村悠太 假屋英孝 佐藤明宏 田邊匡生 西原克浩 谷山明 中嶋かおり 前田健作 小山裕, 材料と環境 63 (2014) 504-509.
- [7] S. Takahashi, T. Hamano, K. Nakajima, T. Tanabe, Y. Oyama, NDT & E Int. 61 (2014) 75-79.



図1 セミコンジャパンのブース前で



図2 小山研究室の温泉合宿 (2016年12月)

シリコンで人工昆虫を作る研究室

日本大学

内木場・齊藤研究室

昆虫は100万種以上あり、4億年以上も前から存在するといわれます。もっとも多様で、地球の環境変化に強い生物といえます。小さな躯体にもかかわらず、抜群のエネルギー効率で飛行・歩行など優れた運動性能を示します。知能も備わり、群を作って行動するなどの社会性を発揮します。ひとつの機械システムとしてとらえた場合、昆虫は大変魅力的です。当研究室ではシリコンウェーハの微細加工技術に着目して、昆虫を作り出す研究をしています。セミコンジャパンではシリコンで作ったロボットとその技術要素の展示説明をしました。

全長約4mmのシリコンウェーハから作り出した筐体に、独自に開発したニューロモーフィックICを搭載しています。ICは生物の神経回路の細胞体とシナプスをアナログ回路で再現しています。動力源になるアクチュエータにはMEMS技術が使われています。素材自体が変位を発生する形状記憶合金、あるいは、圧電素子を動力源にしてMEMSプロセスでシリコンウェーハから形成した脚機構が接続されています。ニューロモーフィックICから出力される信号を受け、アクチュエータが動き、昆虫のような歩行を実現しています。電源以外はすべて筐体に組み込み、毎分12mmの速度で移動します。

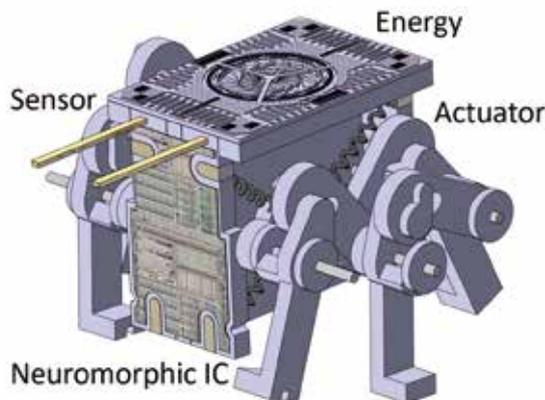


図1 マイクロロボットの概念図

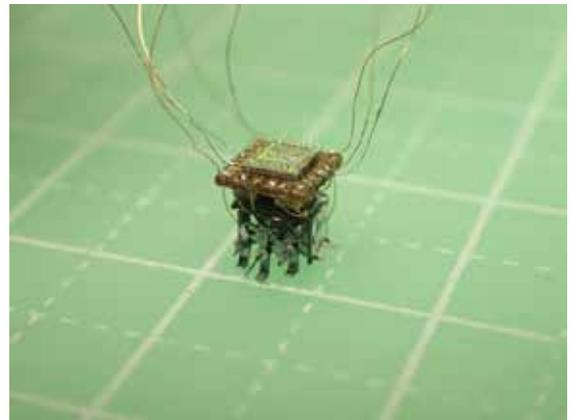


図3 シリコン人工昆虫の歩行

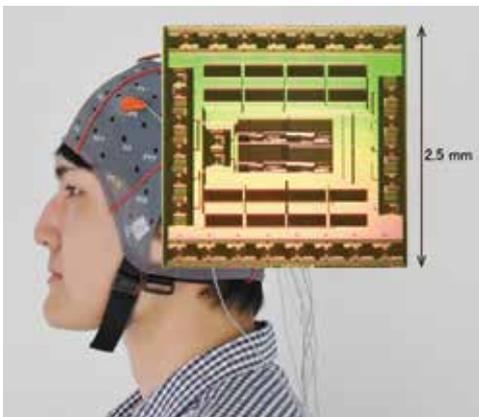


図2 ニューロモーフィックIC

日本大学工学部ではMEMS工程をマイクロ機能デバイス研究センターのクリーンルームに保有しています。現在、積層セラミック技術によって形成した磁気回路をもちいた超小型の電磁モータの開発をおこなっています。人工昆虫の内蔵電源に利用するために、超小型マイクロタービン発電機、エネルギー伝送装置の開発も行っています。完全無索化シリコン人工昆虫を目指しています。

連絡先：内木場文男 uchikoba@eme.cst.nihon-u.ac.jp

—健康ビッグデータ活用で「健康長寿社会」実現へ！

— 認知症・生活習慣病の予兆発見、予防法開発に向けた「革新的健やか力創造拠点」— 弘前大学

副理事（研究担当）・教授（戦略統括）COI 研究推進機構 むらした こういち 村下 公一

国民の4人に1人が高齢者^{*1}という、超高齢社会へ世界に先駆けて突入した日本は、高齢者の占める割合が2025年には約30%、2060年には約40%に達すると予測^{*2}され、医療費の増大や介護の人手不足への対策が急務となっています。

中でも青森県の高齢化率は30%（2014年）と高く、2040年には40%に達します^{*1}。

平均寿命で見ると、青森県は男女ともに全国最下位^{*3}であり、青森県が日本一の短命県から脱出を図るには、県下の産官学民が互いに連携し、健康づくりを自分ゴトとして活動を行う必要があります。

弘前大学では、青森県が平均寿命最下位にあることから、短命県を目的に医学研究科社会学講座の中路重之教授が中心となって「岩木健康増進プロジェクト」と題して、弘前大学の医学部、教育学部や理工学部などほぼ全ての学部と連携して、弘前市岩木地区の住民に対する健康啓発活動を長年続けています。プロジェクトの一環として、2005年から毎年健康調査を実施しており、本年度で12年目を迎えました。

健診には毎年1,000名前後の住民が参加者し、同地区の小中学生約500名対象の調査も含めると、健診で得られる住民の健康情報（＝健康ビッグデータ）は、延べ約2万人以上に及び非常に膨大です。

健診項目は600以上に及び、体格や体組成に限らず、手間や費用のかかる遺伝子解析、腸内細菌を調べるほか、就寝時間や食事内容、社会・労働環境や生活などにも及びます。この“健康ビッグデータ”を用いることによって、分野の垣根を越えた網羅的な解析が可能となります。住民一人当たりの健診時間は約5時間以上と負担は大きいのですが、本学と住民との厚い信頼関係によって、“健康ビッグデータ”は毎年蓄積されています。

世界的にも珍しいこの健康調査と健康ビッグデータがきっかけとなって、弘前大学は2013年、国のセンター・オブ・イノベーション（COI）^{*4}全国12拠点^{*5}の一つとして採択されました。

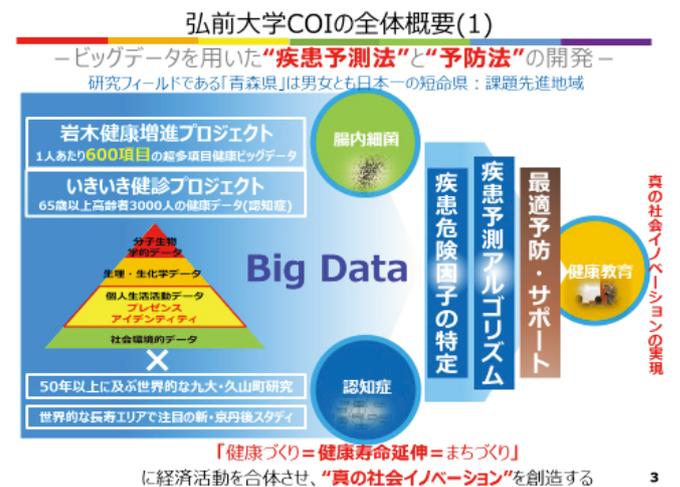
弘前大学 COI は、「革新的『健やか力』創造拠点（COI）」と銘打ち、岩木健康増進プロジェクトを中心に据えて、産学官民連携で生活習慣病や認知症の予兆発見・予防法開発に取り組んでいます。

花王やライオン、イオン、カゴメ、エーザイ、楽天、ベネッセ、青森県内の企業、青森県や弘前市など自治体等、参画機関は40以上に達し、現在も拡大中です。

また、認知症発症後の意思決定サポートシステム等の開発をめざす京都府立医科大学や、世界的に知られる久山町研究を率いる九州大学医学部もサテライト拠点として加わり、さらにビッグデータ解析では京都大学や東京大学医科学研究所などから統計解析の専門家が加わり、充実した研究推進体制を構築し、取り組みを行っています。

セミコン2016 World of IoT において、弘前大学 COI は健康ビッグデータを軸にした研究や社会実装の代表的な事例を多数ご紹介させていただきました。この夏に行われた国の中間評価で、医療健康分野で唯一のS評価を得た実績もあり、大手企業や大学、研究機関、学生など、多くの方にご来場いただき、新たなネットワーク作りに向けた貴重な機会となりました。

今後は“健康ビッグデータ”の本格的解析による生活習慣病や認知症の予兆発見や予防法の開発をさらに加速させ、開発した予兆発見法や予防法の実用化、実証実験にも着手する予定です。今後も産学官民の連携をますます強固にして、真のイノベーション創出に向けて、研究や社会実装を推進して参ります。



「弘前大学 COI」の概要

岩木ピュアビッグデータの全体像①(構造イメージ図)



600項目の「健康ビッグデータ」

岩木健康増進プロジェクト:大規模住民合同健診

※医師を中心とした総勢200~300名程度が連続10日間(AM6:00-PM3:00)実施:岩木地区
※健(検)診受診者:20~93歳。1人あたり健診所要時間は5-7時間(小・中学生も別途実施)



＜平成28年度実施概要＞

検査者	検査者				
参加者数	医師	検中 リーダー	大卒スタッフ、 学生	COI 伊藤企業	
5月28日	100	40	32	80	46
5月29日	120	40	29	80	46
5月30日	115	40	32	82	46
5月31日	115	40	34	83	46
6月1日	114	40	34	85	46
6月2日	119	40	31	113	46
6月3日	108	40	29	98	46
6月4日	110	40	33	78	46
6月5日	129	40	32	79	46
6月6日	118	40	28	92	46
合計	1,148	400	314	870	460

※12年間実施し延べ約2万人以上。H28は別途65歳以上高齢者対象認知症健診1.3千人実施。 13

「岩木健康増進プロジェクト」の概要

- *1 平成27年版高齢社会白書(内閣府)より
- *2 平成24年度高齢社会白書(内閣府)より
- *3 厚生労働省が5年ごとに発表する平均寿命都道府県ランキングより。青森県の男性は1985年調査から、女性は2000年調査から平均寿命が全国最下位。
- *4 文部科学省による研究開発支援事業。
- *5 現在は、全国18拠点。



公式サイト
<http://coi.hirosaki-u.ac.jp/web/index.html>

非酸化銅微粒子の合成と低温焼結への応用

北海道大学 大学院工学研究院

材料科学部門 米澤研究室 URL : <http://labs.eng.hokudai.ac.jp/labo/limsa/> e-mail : tetsu@eng.hokudai.ac.jp tel : 011-706-7110

代表 : 教授 米澤 徹

当研究室では、従前より積極的にサブミクロンからナノメートルサイズの非酸化銅微粒子の合成と応用に注力している。銅微粒子の合成には、CuO や銅塩からの化学還元法や、当研究室独自のマイクロ波をエネルギー源とした液中プラズマ法などを用いてきている。どちらの合成法においても大量生産に向けたプロセスを積極的に取り入れ、ろ過や遠心分離を行わないでも目的の微粒子を回収できる方法なども検討してきた。分散安定化剤として高分子を用いている。

このような方法で得られる適切な高分子の薄いナノ薄膜によって表面をコートされた銅微粒子は表面酸化が抑制されて、良好な導電材料となりうる。これまで、こうして得られた銅微粒子を積層セラミックスコンデンサ (MLCC) の内部電極材料として用いる研究を行ってきたが、今回はさらに「低温焼結」をキーワードとして銅微粒子を用いた手法の開拓を行ってきた結果について展示した。

銅微粒子を用いた低温焼結における一番の問題は、銅微粒子の酸化抑制のためには表面を何らかの被膜でコートしなくてはならないにもかかわらず、高温での焼結のような

被膜の有機分の分解などが期待できないため、そのままでは十分な導電性の確保が難しい。一般に微粒子を更に小さくしナノ化すれば融点降下の効果を用いられるようになり、低温焼結が可能とされる。しかし銅の場合には、ナノ化で比表面積が増えることにより有機物含量が大幅に増大するため、低抵抗率の膜を得ることがさらに難しくなる。そこで、我々は特に、低温焼結に向けて分解性ポリマーを用いた微粒子の合成と、その利用によって低温でも微粒子同士の接合が可能となると考え、研究を行い優れた成果を得ることができた。さらに、100℃以下での焼成では、焼成時間中の銅の酸化も進みにくくなるため、焼成時において水素のような還元ガスのフローも不要であることを明らかとしている。くわえて、銅粒子表面の酸化反応後の還元焼成によって150℃でも十分に導電性のある銅膜の形成にも成功している。また、低温分解性の安定な銅錯体の利用による導電性の向上についても検討を行ってきており低温焼結によって導電性がある銅薄膜の作製法について成功してきている。

今後、各種企業などとの共同研究を強く推進していきたい。

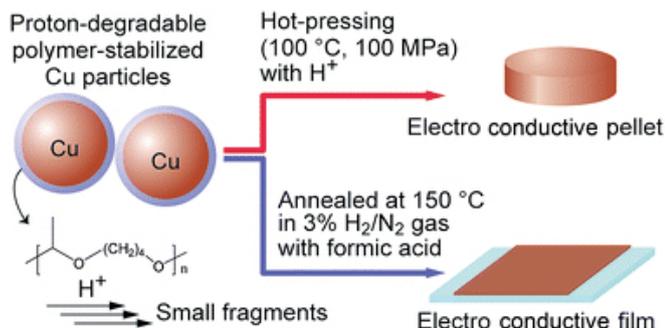


図1 プロトン分解性ポリマーを用いて保護した銅微粒子によって得られる低温焼結性銅被膜 (M. Matsubara et al., RSC Adv., 2015, 5, 102904 より引用。)

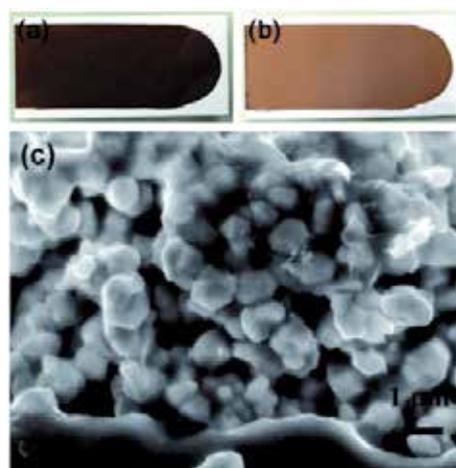


図2 銅錯体と銅微粒子を混合した低温焼結用銅微粒子インクを用いた。(a) インクを印刷して得た表面の写真、(b) 100℃ 1時間焼結後の表面の写真、(c) (b) 断面のSEM像。(T. Yonezawa et al., RSC Adv., 2016, 6, 12048 より引用。)

低ダメージ・高速堆積・高プラズマ安定を特徴とするハイブリッド 対向スパッタ装置開発

山口大学

山口大学名誉教授・産業技術総合研究所客員研究員 もろほし しんいち 諸橋 信一

ハイブリッド対向スパッタ装置^{1,2)}は、真空を破らずにターゲット裏側に設置した可動棒磁石を左右対称、或は左右非対称に移動させることで、磁石群で形成する対向ターゲット間の磁場分布を左右対称、あるいは左右非対称に変化させ（図1参照）、薄膜作製に最適な磁場分布及びプラズマ状態で、薄膜作製ができる、という特徴をもつ。

この装置を用いて、

1) リフトオフプロセスによるLED・太陽電池用低抵抗率・高透過率ITO透明電極膜の作製に成功した。140nm/min という高速堆積で、実際のLED用ITO透明電極と同じ300x300 μm^2 の電極サイズにレジストパターンニングされたガラス基板全面に、膜厚100nmのITO薄膜をAs-depo成膜した。次に、リフトオフプロセスで電極を成型した（図2参照）後、室温でのプローバ抵抗測定から、この電極サイズで6.2x10⁻⁴ $\Omega \cdot \text{cm}$ の低抵抗率の高品質膜を得た。

2) 熱的・物理的損傷に弱いPETフィルム基板上に、10~200nmの膜厚範囲でITO透明導電膜をAs-depo成膜した。PETフィルムへの損傷はなく、4.2x10⁻⁴ $\Omega \cdot \text{cm}$ の低抵抗率で、かつ可視光（波長380~750nm）平均透過率が90%を超える高透過率のITO薄膜を得た。

ハイブリッド対向スパッタの特徴である、低ダメージ性・高プラズマ安定性と均一性・高速堆積性の装置性能を実証し、LED、太陽電池、有機EL素子等のフィルムベースエレクトロニクスの更なる応用展開をはかれることが期待できる。この装置は多層薄膜構造デバイス作製が可能なコンパクト多元（4元或は6元）スパッタへの拡張（図3参照）も容易である。

今後の展開として、国内外真空及び半導体装置メーカーと協力して、大面積基板対応のターゲット大口径化、及びフィルム基板のロール・トゥ・ロール機構化、多元化等の技術検討を行ない、将来のライン用生産機の実現を目指す。

参考文献

- 1) 商標登録商標第5584466号
 - 2) 特許第5688664号
- 連絡先 smoro@yamaguchi-u.ac.jp

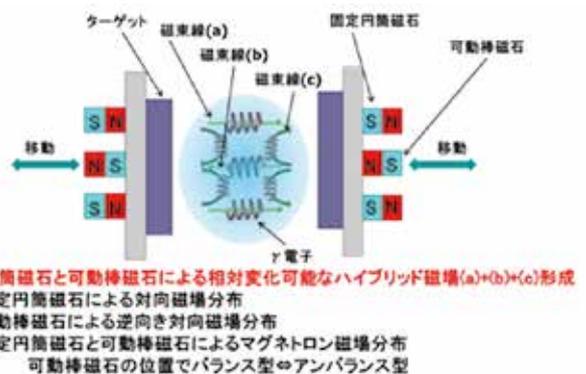


図1 ハイブリッド対向スパッタの原理とターゲット間ハイブリッド磁場形成

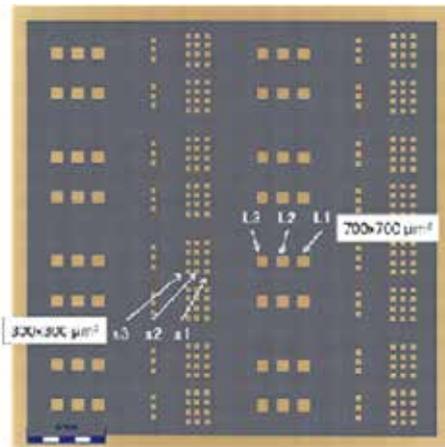


図2 LED及び太陽電池向けITO透明電極をリフトオフプロセスで作製

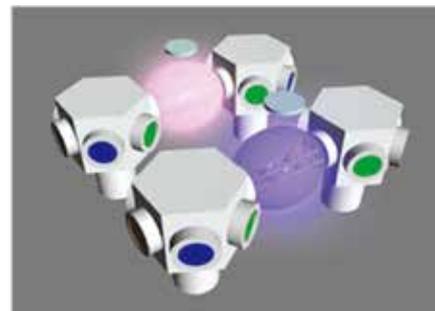


図3 回転式6元ハイブリッド対向スパッタの放電イメージ

SiC パワー半導体デバイスの研究

山梨大学

パワー半導体デバイス研究室 修士1年 ささき こうた たかの まさむね
 榎 滉太、高野 正峰

近年パワー半導体デバイスにおいて、Si（シリコン）より物性値の優れたSiC（シリコンカーバイド）を用いることにより、高速、低損失トランジスタが実現され、既にショットキーダイオード、MOSFET、JFET、接合型バイポーラトランジスタ（BJT）が市販化されている。しかしながら、SiC-MOSFETはSiO₂/SiC界面において欠陥準位が多く存在し、ゲート閾値の変動やチャンネル抵抗の増加などの課題がある。

我々は、酸化膜を持たないデバイスとして、SiCの埋め込みゲート型静電誘導トランジスタ（Buried Gate Static Induction Transistors : BGSITs）の開発に従事している。図1の様にSiC-BGSITは、チャンネル層にストライプ状のp⁺ゲート領域が埋め込まれている構造となっており、接合型FET（JFET）に類似する機構で動作する。SiC-BGSITは埋め込みゲート構造のため電極形成時のアライメントマージンが発生せず、サブミクロン微細チャンネルが形成可能、チャンネル部に絶縁膜界面ではなく、バルクそのものを利用しているため信頼性が高い。山梨大学は産総研との共同開発により、独自の製造技術および徹底したデバイス設計によりノーマリーオン型およびノーマリーオフ型両方のSiC-BGSITを開発し、700~3300V級でSiC物性限界に近い超低オン抵抗を得ることに成功している。短絡耐量試験によりSi-IGBTの2倍程度の短絡エネルギー密度も実証した。

SiC-BGSITの課題は、ゲート-ソース間がpn接合であるために、ゲート閾値が低い問題を持っている。2.5V以上のゲート電圧を印加すると顕著なゲート電流が流れ、結晶欠陥の原因になるため、ノーマリーオフ型の場合しきい電圧は1V前後で、2.5V以下でゲート駆動することが要求される。従ってSiパワーMOSFETやIGBTと比較しノイズマージンが低い。

上記問題を克服するために、近年図2の様なSiC-BGSITカスコード素子の検討も始めている。カスコード素子のゲート駆動は同素子中のSi-MOSFETのゲートを駆動することになり、SiC-BGSITの問題を解決することができる。また、従来のパワーMOSFETやIGBTのゲートドライバーをそのまま使用することが可能である。さらにカスコードデバイス中のSi-MOSFET構造中に組み込まれているボディー

ダイオードが使用可能である為、これを利用した逆導通動作が可能である。従って外付けフリーホイールダイオード（FWD）が必要無く、チップ実装面積を低減できる。

このように、SiC-BGSIT素子ファミリーは超低損失および高信頼性の性能により、その応用とはインバータや電源回路などの電力変換器への応用が期待されるだけでなく、パルスパワー分野への応用展開も可能である。

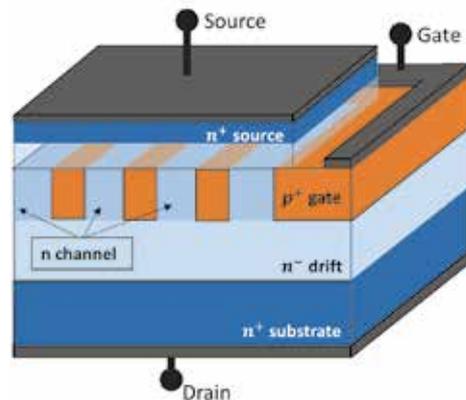


図1 : BGSIT の構造図

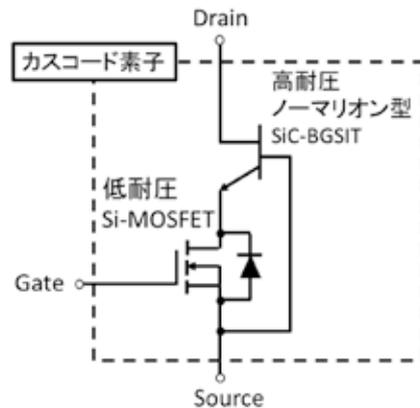


図2 : SiC-BGSIT のカスコード接続

紙とカーボンナノチューブの複合材

カーボンナノチューブ複合紙の開発とそのエレクトロニクス応用 横浜国立大学

大学院工学研究院 准教授 おおや たかひで 大矢 剛嗣

はじめに

平成28年12月14日～16日に東京ビッグサイトで開催された SEMICON JAPAN 2016の「アカデミア@GAKKO」に初めて出展しました。当研究室では、ナノカーボン材料の一つに数えられる「カーボンナノチューブ (CNT)」と「紙」との複合材料である「カーボンナノチューブ複合紙」を開発し、その応用について研究を進めています。

今回、SEMICON JAPAN 2016への出展機会を頂きましたので、私どものCNT 複合紙およびその応用展開について、いくつかの実物やデモンストレーションを含めて研究成果等を紹介しました。

出展内容

近年のナノテクノロジー研究分野の発展に伴いナノスケールの材料が作製可能となりつつあります。中でも研究の進むナノカーボン材料、特にCNTは、例えば電気的特性が金属的にも半導体的にもなるなど、様々な特長を持つため非常に注目を浴びており、その製造から応用まで日々研究・開発が進められています。CNT 関係の研究は数多くされていますが、本研究室ではCNTを使用した斬新な複合材料として「CNT 複合紙」(図1)をこれまでに開発しています。CNT 複合紙は、日本古来の和紙作製技術(紙漉き技術)に学んだ手法で簡単に作製できます。日本に和紙文化が古くからあり「紙づくり」に慣れ親しむことができる環境があったからこそ生まれたのがCNT 複合紙であると言えます。これまでに、このCNT 複合紙が紙でありながら電気伝導性を有すること(導電紙)、トランジスタとして動作可能であること(ペーパートランジスタ)、電磁波シールド特性を有すること(電磁波シールド紙)、高度な認証を実行可能であること(人工物メトリクス認証の鍵として)、熱電発電が可能なこと(熱電発電紙)などを確認しており、今回の展示では、「複合紙」とすることで一般的には使用に工夫が必要なCNTが扱いやすくなると同時に、CNT(の機能)を生かした様々な応用展開が容易にできるようになるといったことなど、基礎から具体的な応用例まで紹介しました(図2)。

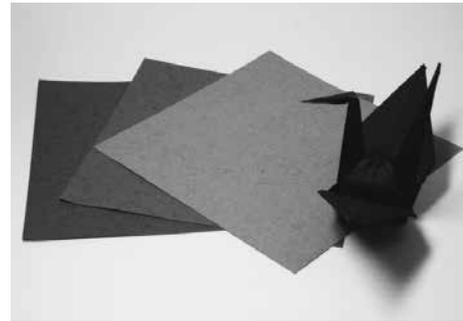


図1 カーボンナノチューブ複合紙
(色合いの違いは含有ナノチューブ量の違いによる)

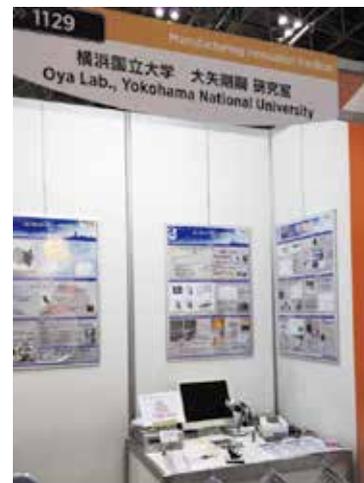


図2 SEMICON JAPAN 2016での展示ブースの様子

おわりに

SEMICON JAPAN 2016に出展し、3日間の日程で企業や研究機関などから150名を超える方々にCNT 複合紙に関する研究を紹介することができました。CNT 複合紙により、身近な「紙」に(例えば)エレクトロニクスの機能を付することが可能となるため、IoTをはじめとして種々の応用への展開が可能となります。今回の出展をきっかけとして、企業や研究機関との共同研究に発展することを期待しています。(研究室ホームページ <http://arrow.ynu.ac.jp/> もご参照ください。)

最後に、貴重な機会をご提供いただいた、本イベントの関係者の皆様に深く感謝申し上げます。